銀葉粉蝨傳播蔬果雙生病毒及其防治研究

林鳳琪 [1,4] 張淑貞 [1] 鄭櫻慧 [2] 王清玲 [1] 胡仲祺 [3]

[1] 行政院農業委員會農業試驗所應用動物組
[2] 行政院農業委員會農業試驗所植物病理組
[3] 國立中興大學 生物科技學研究所
[4] 通訊作者 e-mail: fclin@tari.gov.tw

摘 要

銀葉粉蝨爲菸草粉蝨種群 (*Bemisia tabaci* complex) 的 B 生理小種 (B-type)，爲台灣目前最具優勢的粉蝨族群。銀葉粉蝨在全球至少傳播 111 種以上之雙生病毒科 (Geminiviruses) 中 *Begomovirus* 屬的病毒，本屬病毒寄主非常廣泛，引起多種作物嚴重的經濟損失。台灣已記錄之雙生病毒有 7 種，其中以番茄黃化捲葉病毒及南瓜捲葉病毒發生最爲普遍，在田間感染危害番茄、洋香瓜等蔬果。常用殺蟲劑對銀葉粉蝨卵與若蟲的毒效偏低，施用於田間無法達到防治效果。網室試驗結果顯示，番茄在苗期至開花期間感染番茄黃化捲葉病毒 (TYLCV)，嚴重影響結果數及果重，爲有效遏止雙生病毒的蔓延，在蔬果開花前徹底防治粉蝨減少傳播爲最佳管理策略。本文簡介銀葉粉蝨生態習性、傳毒機制、帶毒粉蝨檢測及監測方法，以及有效管理傳毒粉蝨之策略。

關鍵詞：銀葉粉蝨、雙生病毒科、番茄黃化捲葉病毒、南瓜捲葉病毒、防治

前 言

雙生病毒 (Germimivirus) 是由銀葉粉蝨傳播的病害，全球記錄至少超過 111 種以上 (Jones, 2003)，均屬於雙生病毒科 (Gemimivirdae) 中 *Begomovirus* 屬病毒，其寄主植物繁多廣泛分世界各地，危害多種作物，如番茄、茄子、馬鈴薯、豆類、瓜類、甘藍、萵苣、甘藷、胡椒、木瓜、秋葵、菸草、棉及樹薯等。由於病毒遺傳物質的極易重組，在美國及歐洲地中海區域，相繼在番茄上發現不同 Begomoviruses 的複合感染，形成農業上另一種難以克服的新衝擊 (Jones, 2003)。

根據文獻紀錄，台灣至少存在 7 種雙生病毒病害 (Jones, 2003; Chang *et al.*, 2003; Green *et al.*, 2005; 林, 2007; Liao *et al.*, 2007)，分別爲霍香黃脈病毒 (*Ageratum yellow vein Taiwan*)、聖誕紅捲葉病毒 (*Poinsettia leaf curl virus*; PLCV)、甘藷捲葉病毒 (*Sweet potato leaf curl virus*; SPLCV) 及台灣番茄捲葉病毒 (Tomato leaf curl Taiwan virus, ToLCTWV)、木瓜捲葉病毒 (Papaya leaf curl virus, PaLCV)、南瓜捲葉病毒 (*Squash leaf curl virus*, SLCV) 及新德里蕃茄捲葉病毒 (*Tomato leaf curl New Delhi virus*, ToLCNDV)，以上病毒均由銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring) 傳播。在田間又以番茄黃捲葉病毒及南瓜捲葉病毒分布最廣，

發生最爲普遍，近 10 年來在中南部番茄及瓜類等作物，經常發生此種由粉蝨傳播感染嚴重的病毒病害，導致全無收成的慘況 (彭及鄭, 2003; 鄧等, 2009; 彭等, 2009)。

傳播雙生病毒的銀葉粉蝨即是煙草粉蝨 (*Bemisia tabaci* (Gennadius) 種群中的 B 生理小種 (B-type) (柯等, 2002)，危害南瓜造成銀葉的徵狀，因此命名之，目前普遍接受將銀葉粉蝨歸納爲菸草粉蝨種群之觀念，但爲與其他生物小種區別及目前 B 生物小種爲台灣的優勢族群 (Ko *et al.*, 2005)，本文仍沿用銀葉粉蝨之俗名。

銀葉粉蝨散佈全球影響農業生產，主要的原因是國際間農產品貿易頻繁，人類的活動造成遷移與入侵。由於其具有適應於溫室存活的生物特性及危害園藝花木的潛力，加上栽培制度的集約化、肥料及殺蟲劑的施用提供粉蝨類害蟲大發生的有利條件。銀葉粉蝨爲具有傳病能力的多食性害蟲，危害植物時，受害部位會產生斑點、黃化、提早落葉及萎凋等徵狀，且誘發煤煙病，阻礙植物光合作用，導致植株衰弱、產量降低或失去商品價值。其傳播病毒對植物的危害更甚於直接取食，植物一旦罹患病毒，除拔除病株一途，並無有效藥劑可以防治。銀葉粉蝨體型細小，不易發覺其存在，一旦發生危害時，粉蝨族群密度已到難壓制的情況，且因其寄主植物廣泛，族群常常在不同植物間移轉蔓延，更增添防治上的困難。由於植物病毒病害無法以藥劑治療，加上單一方法難以有效達到控制銀葉粉蝨族群密度，本文針對銀葉粉蝨傳播在台灣蔬果上嚴重發生的番茄捲葉病毒及南瓜捲葉病毒，介紹其發生生態、傳毒機制、帶毒粉蝨監測技術及防治方法，作爲研擬阻斷銀葉粉蝨傳播植物病毒病害發生策略之參考。

銀葉粉蝨之分類地位

銀葉粉蝨爲半翅目 (Hemipatera) 粉蝨科 (Aleyrodidae) 的刺吸式昆蟲，此蟲源於菸草粉蝨 (*Bemisia tabaci* (Gennadius)) B 生物小種。菸草粉蝨在 1980 年代以前爲農業上偶發性害蟲，僅在中東及印度等地區的棉花田及蔬菜上零星發生 (Lemonick, 1991)。1986 年在美國佛羅里達州，發現菸草粉蝨出現在新的寄主作物上，危害盆栽聖誕紅、具抗藥性及傳播新的植物病毒的能力，因此被認爲是菸草粉蝨一新生物小種稱爲 B-biotype、Florida-biotype 或 poinsettia biotype (Byrne & Miller, 1990)。所謂生物小種 (biotype) 爲種 (species) 以下的分類階層，通常用來描述當族群間個體的外部形態無法區別，但是具有其他可資區別特徵的族群稱之。截至 2002 年，菸草粉蝨有 41 個被研究的族群，其中 24 個族群已經被認定爲特有生物小種，其餘則尚待確定 (Perring, 2001; 柯等, 2002)。

1993 年 Perring 等人基於菸草粉蝨 A、B 生理小種在基因組的差異及兩者具生殖隔離現象 (Barinage, 1993; Perring *et al.*, 1993)，認爲 B-biotype 應爲一新種稱爲銀葉粉蝨 (Silverleaf whitefly)，1994 年則正式將其命名爲 *Bemisia argentifolii* (Bellows *et al.*,1994)。但後來又陸續發現其他生物小種，加上當初命名時用來描述銀葉粉蝨的形態特徵不穩定，無法適用於鑑定各生物小種 (Campbell *et al.*, 1993; Rosell *et al.*, 1997; Frohlich *et al.*, 1999; 柯等, 2002)，以及交尾行爲試驗證實澳洲本

地小種與 B 生物小種兩者的生殖隔離機制並不完全 (De Barro & Hart, 2000)，不符合生物種觀念的定義，因此單獨將 B 生物小種提升爲一新種並不適當。目前大多數分類學者傾向銀葉粉蝨仍爲菸草粉蝨 B-biotype，與其他生物小種統稱菸草粉蝨種群，目前已被歸納爲新世界、泛世界、貝寧共和國及西班牙、印度、蘇丹、土耳其海南島、韓國及澳洲等 7 類群 (Perring, 2001; Ko *et al.*, 2002)。台灣目前有 3 個生物小種 (B, AN 及 Naurn)，本文作者接受將銀葉粉蝨歸納爲菸草粉蝨種群，但爲與其他生物小種區別，仍沿用銀葉粉蝨之俗名。

銀葉粉蝨之生態習性

銀葉粉蝨爲不完全變態的昆蟲，其生活史分爲卵、若蟲、成蟲。體型細小，成蟲體長約 1 mm，若蟲 0.5-0.8 mm。若蟲有四個齡期，卵孵化後的第 1 齡若蟲具足，可以爬行尋找適當的位置並固著於該處生活，之後各齡若蟲的足及觸角退化，除蛻皮時可短暫短距離移動外，均營固著生活 (Summers *et al.*, 1996)。第 4 齡若蟲具紅色眼點可與其他齡蟲區別，末期羽化前可以看見成蟲之雛型包覆於蛹殼 (pupal case) 內，因此將粉蝨第 4 齡期稱爲蛹期，雖是誤稱，但仍有沿用至今 (Martin, 1999)。

銀葉粉蝨在不同作物上的存活率，明顯受寄主及溫度之影響而有不同。在溫度的影響方面，根據相關的研究報告，當試驗溫度高於 35℃ 或低於 15℃ 時，其卵的孵化率甚低，且若蟲之死亡率增高，甚至無法發育爲成蟲。在茄子上，15℃ 時及 35℃ 時，由卵發育爲成蟲的存活率分別爲 39.8% 及 36.8%，明顯低於 20-30℃ 的 59.2-88.7% (Wang & Tsai, 1996)。在洋香瓜、甜椒及棉葉上，當試驗溫度爲 35℃ 時，卵雖可孵化，但均無法完成若蟲期之發育 (Nava-Camberos *et al.*, 2001)。

銀葉粉蝨在不同的經濟作物上其發育所需時間不一。在葫蘆科作物上的發育研究，Powell & Bellows (1992) 將菸草粉蝨飼育於胡瓜上，在 20℃ 及 32℃ 觀察其自卵發育爲成蟲所需時間分別爲 38.2 日及 17.4 日。另外 Tasi & Wang (1996) 觀察在 25℃ 定溫下，銀葉粉蝨在胡瓜上由卵發育爲成蟲需 19.3 日。而根據 Pai & Chen (1998) 之研究，於 28℃ 飼育於胡瓜上，由卵發育爲成蟲需 18.6 日。銀葉粉蝨在洋香瓜上的發育，在定溫 20-32℃，由卵發育爲成蟲所需時間爲 14.6-36.0 日 (Nava-Camberos *et al.*, 2001)。Pai & Chen (1998) 觀察在 28℃ 時，在洋香瓜上卵發育爲成蟲所需時間爲 14.5 日。在苦瓜上於 28℃ 時，由卵發育爲成蟲所需時間爲 25.2 日 (Chou, 2000)。

銀葉粉蝨在茄科作物上的發育研究結果顯示，在茄子上，於 15、20、25、27、30℃ 及 35℃ 等定溫下，由卵發育爲成蟲所需時間，依序爲 104.9、29.8、17.6、16.0、13.6 日及 18.8 日 (Wang & Tsai, 1996)。在甜椒上，25℃ 時，由卵發育爲成蟲所需時間爲 18.1 日 (Tsai & Wang, 1996)。而 Muniz & Nombela (2001) 進一步觀察銀葉粉蝨於 17、20、23、26、30、33℃ 及 35℃ 等 7 個定溫時，在甜椒上由卵發育爲成蟲所需時間依序爲 45.2、36.5、26.2、21.5、17.9、16.8 日及 19.8

日。而在番茄上，25℃ 定溫下，由卵發育爲成蟲所需時間爲 17.9 日 (Tsai & Wang, 1996)。

以洋香瓜葉片飼育銀葉粉蝨之生活史觀察 (林等, 2007c)，在 16-28℃ 等定溫時，由卵發育到成蟲需依溫度昇高而縮短，需 15.4-55.3 日。在 30-34℃ 定溫時，發育所需時間依溫度昇高而增長，需 15.8-21.1 日。以 16-28℃ 時溫度與發速率之直線回歸方程式，推算卵-成蟲的發育臨界低溫爲 11.5℃，而自卵發育爲成蟲的發育總積溫 259.807 日度 (degree-days)。另以非線性廻歸模式估算各發育溫度臨界值，其中致死溫度爲 37.635 ± 1.0126℃，由卵發育爲成蟲的發育最適溫度 (optimal temperature) 爲 29.9℃，發育臨界低溫 (low temperature threshold) 爲 9.1℃。

銀葉粉蝨在洋香瓜上的成蟲壽命與繁殖量，根據 Nava-Camberos *et al.* (2001) 的試驗觀察結果，在 30℃ 時，平均每雌蟲一生總產卵量爲 158.3 粒。而 Pai & Chen (1998) 在 28℃ 的飼養於洋香瓜的結果，其平均每雌蟲一生總產卵量爲 104.36 粒，另一飼養於胡瓜者爲 135.71 粒，飼養於花椰菜者爲 91.8 粒。Tsai & Wang (1996) 觀察銀葉粉蝨於 25℃ 時在五種植物上的生活史，平均雌成蟲壽命以在茄子及番茄上者最長分別爲 24.03 日及 20.55 日，其次爲番薯與菜豆，最短者爲爲胡瓜；平均每雌蟲一生總產卵量以在茄子上者最多爲 223.67 粒，在番茄上者次之平均爲 167.55 粒。

病毒與媒介粉蝨之交互作用

研究了解病毒與媒介昆蟲間的交互作用，有助於發展新的管理策略以對抗植物病毒。病毒在粉蝨體內與植物的移動的路徑，以銀葉粉蝨傳播番茄的 *Begomovirus* 爲例，粉蝨以刺吸式口器刺入植物韌皮部，從植物組織液中獲得病毒，進入粉蝨口針的食料腔 (food canal)，經過消化道的食道與前腸。當食物進入濾室 (filter-chamber) 與中腸時，水分被排除移轉至後腸 (hindgut) 的小腸 (ileum)，因此 *Begomovirus* 被濃縮吸附並穿過消化道的細胞膜而進入了昆蟲的血淋巴 (Hemolymph)，病毒再血淋巴內移動直到接觸唾液腺 (Salivary gland) 細胞膜，此時病毒穿過細胞膜並移動至唾液管隨著唾液進入口針的唾液腔，最後被注入至植物細胞 (Hunter *et al.*, 1996, 1998; Ghanim *et al.*, 2001)。*Begomovirus* 病毒被攝食進入粉蝨體內後，並無法立即有感染其他植株的能力，必須依循前述的消化道的循環路徑，完成這個路徑所需時間稱爲潛伏期 (Latent period)。潛伏期的長短與病毒在粉蝨體內傳送的速度無關，關鍵是病毒在粉蝨體內是否累積足夠可以造成植物致病的量 (Henryk, 2007)。潛伏期的長短依試驗條件、病毒種類及寄主而有差異，例如南瓜捲葉病毒 (SLCV) 約 19 h (Cohen, *et al.*, 1983)，黃化捲葉病毒 (TYLCV) 約 8-21 h (Ghanim *et al.*, 2001)。根據報導粉蝨雌蟲在取食番茄黃化捲葉病毒株 4-48 h 後，每隻雌蟲平均可以獲得 0.5-1.6 ng 的黃捲葉病毒的 DNA，平均總量每天約減少 1-2% (Caciagli & Bosco, 1997)

銀葉粉蝨的傳毒能力據文獻報導，銀葉粉蝨取食病株後的獲毒時間 (acquisition)，以番茄黃捲葉病毒 (TYLCV) 爲例，約爲 20-60 min，接種病毒時間

約 10-30 min，潛伏期為 10-24 h。單隻粉蝨在取食番茄後 24 h 即可傳毒，若同時接種 5-15 隻粉蝨，對蕃茄黃化捲葉病毒或南瓜捲葉病毒，均可以達到 90-100% 傳毒效率 (Jiang *et al.*, 2000; 彭與陳, 2006; Jiu *et al.*, 2006)。粉蝨的性別與年齡均會影響傳毒能力，多數實驗結果證明，在黃化捲葉病毒的傳播以雌蟲較雄蟲具效力，傳毒能力隨蟲齡增加而降低，例如羽化 1-2 星期內的雌蟲在獲毒 48 h 內即可將黃化捲葉病毒傳播出去，羽化 3 星期後的雌蟲僅 60% 具傳毒能力，而同齡雄蟲則完全無傳毒能力。番茄黃化捲葉病毒可以持續存在粉蝨體內 10-12 天，極少數可以維持 20 天以上。此外，病毒不會經卵傳播至子代粉蝨 (Jiu *et al.*, 2006)。銀葉粉蝨成蟲帶番茄黃化捲葉病毒後，相較於未帶毒的成蟲，其生活期望值縮短 17-23%，平均產卵量減少 40-50% (Rubinstein & Czosnek, 1997)。

防治技術與防治策略

由於銀葉粉蝨特殊的生物特性以及傳播病毒種類繁多，植物、病毒及媒介粉蝨間關係相當複雜，針對粉蝨與病原病毒，發展及實施有害生物管理策略 (IPM)，較單一防治法可以更有效解決這個問題。根據 2008 年農業試驗所試驗調查，小果番茄 (紅眞珠品系) 在不同生長期感染番茄黃化捲葉病毒對產量及品質之影響，分別比較其在苗期及定期後 2 週 (花期)、4 週 (結果期)、6 週 (果實成長) 及 8 週 (收穫期) 感染病毒後與健康植株之差異，平均每株番茄生產果實總重量分別為 10.5、107.8、181.8、496.9、632.5g 及 637.0g；在平均果重上表現為 1.8、2.4、2.9、3.4、3.7g 及 5.0g。由結果顯示，番茄愈晚罹患黃化捲葉病毒對產量影響愈小，若於苗期感染病毒後，則植株無法正常生長、開花及結果。銀葉粉蝨傳播洋香瓜的南瓜捲葉病毒雖沒有進行與番茄相同的試驗調查，但在田間觀察亦有相似現象，苗期及開花期 (瓜蔓約 60 cm 長) 之前感染病毒，洋香瓜無法正常生長及開花，嚴重影響產量。

基於前項試驗結果，參考綜合粉蝨的生態及傳播病毒的特性，為防止粉蝨傳播雙生病毒的策略，應著重於作物苗期及栽培初期粉蝨發生密度的管理，由於粉蝨的卵及若蟲均固定在植物體上，只有帶毒的成蟲具傳播擴散的能力，因此，迅速徹底防治成蟲，減少其在植物上產卵，延遲或減緩銀葉粉蝨在田間擴建族群，以避免作物早期感染病毒而造成嚴重損失。透過適當檢測與監測，可以了解帶毒粉蝨發生的數量，掌握後續植物病毒病勢的發展，提早進行防治工作。在防治措施的選擇與整合，掌握所使用的殺蟲劑對田間粉蝨群的毒性，選用毒效高的藥劑，提高防治效益，迅速降低銀葉粉蝨族群密度，為管理粉蝨減少傳播病毒第一要務。其它結合早熟品種栽培及田間衛生的管理，提供健康的種苗有助於後續防治工作；或發展作物的抗性品系等可作為防治粉蝨傳播病毒的防治手段。

一、帶毒粉蝨之監測

由於銀葉粉蝨的體型細小，而且藏匿於葉背，族群密度低時很難發現粉蝨的存在，一旦發現粉蝨的危害，往往族群密度已過高到錯失防治的時機。因此建立銀葉粉蝨族群的監測方法，以便早期發現粉蝨的發生，尤其測知帶毒分粉蝨的出

現，可以幫助業者適時的防治粉蝨，以阻斷帶毒銀葉粉蝨傳播病毒感染田間健康植株的途徑，是防治植物病毒危害作物的首要工作。目前分生技術可以快速的檢測粉蝨是否帶毒，但此種監測方法需要設備與人力，一般的栽培農友少有這種能力，因此政府或相關的研究單位應負起監測的責任，如能定期發布相關的監測資料，作爲防治的參考，可以發揮共同防治效果。

目前台灣在檢測及監測帶毒粉蝨的方法，主要爲滾輪式擴增法 (Rolling circle amplification, RCA) 及聚合脢鏈鎖反應 (Polymerase chain reaction, PCR)，兩者均有其優缺點 (廖等, 2010)，例如滾輪式擴增法必須檢測活蟲，而粉蝨體型細小，田間採集相當耗時費力；聚合脢鏈鎖反應雖然靈敏，但不一定可以正確檢測出帶病毒粉蝨。由於黃色黏板不但可以誘集植株上發生的粉蝨，也可誘集鄰近地區的寄主植物上遷飛的粉蝨，農試所等相關試驗單位，曾針對傳播番茄黃化捲葉病毒及南瓜捲葉病毒的媒介粉蝨，開發以黃色黏蟲紙誘集成蟲並以 PCR 檢測其上帶毒粉蝨 (彭與陳, 2006)，作爲監測帶病毒粉蝨密度方法。如以 GCP4/PA4 引子對，可以穩定檢測出黃色黏紙誘集來的粉蝨帶黃化捲葉病毒與否 (林等, 2007a,b)，並可根據帶病毒粉蝨率與黃色黏紙誘得粉蝨成蟲數目估算帶病毒粉蝨之密度。另外針對南瓜黃化捲葉病毒開專一性引子對，監測黏板誘集田間洋香瓜上銀葉粉的帶毒率，也有極高的檢出率，與田間洋香瓜罹南瓜捲葉病毒率相關性。

由於雙生病毒的基因體具高度的變異性，應用分生技術檢測帶病毒粉蝨，往往爲了避免無法檢出變異的病毒而設計簡併式的引子對，可以依次檢測多種病毒。但以田間生態及蟲害管理的角度而言，由於銀葉粉蝨寄主繁多，台灣田間許多植物存在多種雙生病毒，以簡併式引子對在田間粉蝨帶毒率偵測，容易有高估其帶毒率的情形，此種誤差容易造成不當的決策至防治失效或提高生產成本。因此，建議此類分生檢測技術，以開發具高靈敏度、專一性及簡便的技術爲佳 (廖等, 2010)。

根據統計分析田間監測銀葉粉蝨帶毒率與番茄罹患黃化捲葉病毒或洋香瓜罹南瓜捲葉病毒率，兩者線性關係不顯著，故不適合僅以粉蝨帶毒率估算田間的植物罹病率。若將粉蝨帶毒率與平均黏板誘集粉蝨密度之乘積，計算爲帶毒粉蝨數量，統計分析其與植物罹病率，兩者呈正相關，因此，利用帶病毒粉蝨數量較粉蝨帶毒率估算田間洋香瓜罹病率較佳。

二、粉蝨對殺蟲劑之感受性

防治粉蝨的方法很多，如施用殺蟲劑、耕作防治、物理防治及生物防治等等。銀葉粉蝨的自然天敵非常豐富，台灣也紀錄有數種本地銀葉粉蝨的天敵，但是針對防治媒介植物病毒的銀葉粉蝨，生物天敵並不適合做爲防治的主要工具，因爲即使是少量的帶毒粉蝨也會傳播病毒病造成嚴重的損失。利用黃色黏板誘集粉蝨成蟲的物理防治，雖然可以誘殺相當的粉蝨，但是以生物特性而言，雌蟲的最大任務就是尋找寄主植物、繁衍後代及建立族群，因此，寄主植物與黏板相較，植物顯然較具誘引力，在黏紙誘集粉蝨前恐已將病毒傳播至健康植物。利用作物的抗蟲性以降低粉蝨傳播植物病毒病害機會，是許多研究人員的目標之一。然而，

仍有許多抗性品系栽植於田間仍受到銀葉粉蝨傳播的病毒危害，主因爲雙生病毒的基因組極易重組而造成變異，因此如何維持對粉蝨或是病毒一定的抗性仍是一大挑戰。

綜合上述，無疑的以殺蟲劑降低粉蝨密度是最簡便迅速的方法，然而銀葉粉蝨是相當容易誘發抗藥性的害蟲，因此合理的使用殺蟲劑，管理銀葉粉蝨的密度，延緩其抗藥性產生爲重要課題之一。

粉蝨對殺蟲劑的感受性因蟲齡或區域性而有不同，農試所研究人員，在實驗室內以 9.6% 益達胺溶液 1500 倍、2.8% 畢芬寧乳劑 1000 倍、11% 百利普芬乳劑 1000 倍、2% 阿巴汀乳劑 2000 倍、25% 派滅淨可濕性粉劑 1200 倍、10% 克凡派水懸劑 1000 倍、2.4% 第滅寧水懸劑 1000 倍、10% 賽速安水溶性粒劑 4000 倍、25% 布芬淨可濕性粉劑 1000 倍、20% 達特南水溶性粒劑 3000 倍、16% 可尼丁水溶性粒劑 3000 倍、10% 氟尼胺水分散劑 4000 倍、2.1% 因滅汀乳劑 2000 倍及 3.5% 魚藤精乳劑 500 倍等 14 種藥劑稀釋液，測試採集自雲林崙背地區及台南安南地區，洋香瓜上銀葉粉蝨之成蟲、若蟲及卵的毒效。結果顯示 11% 百利普芬乳劑稀釋 1000 倍殺卵效果最佳，達 90% 以上，其他藥劑對銀葉粉蝨殺卵效果甚低。對若蟲的毒性測定，供試藥劑中，僅有以 3.5% 魚藤精乳劑處理崙背地區粉蝨 1-2 齡及 3-4 齡若蟲經 72 小時後之死亡率分別 83.% 及 98.7%，其餘供試藥劑處理後粉蝨若蟲死亡率均低於 30%。安南地區粉蝨 1-2 齡若蟲則以 3.5% 魚藤精乳劑處理經 72 小時後後死亡率爲 45.6%，其餘藥劑處理後粉蝨若蟲死亡率均低於 10%。結果顯示不同地區粉蝨若蟲對殺蟲劑的感受性不同，以崙背地區粉蝨的感受性較高。但魚藤精目前並未登記使用於洋香瓜。對成蟲的毒效測定，以 2.15% 因滅汀乳劑、2% 阿巴汀乳劑、10% 氟尼胺水分散性粒劑、3.5% 魚藤精乳劑及 2.8% 畢芬寧乳劑液處理經 24 小時，粉蝨成蟲死亡率依序爲 97.1、94.9、72.2、67.6% 及 63.9%，其餘藥劑處理 24 小時粉蝨死亡率低於 60%。

綜合藥劑對洋香瓜上銀葉粉蝨各蟲期之毒效測試結果，歸納爲有效遏阻銀葉粉蝨在洋香瓜上傳播南瓜捲葉病毒，應於及早在苗期施藥防治粉蝨，阻斷病毒傳播途徑。施藥時，由於所有的藥劑處理洋香瓜上粉蝨的死亡率甚低，魚藤精不可施用於洋香瓜，爲有效防治粉蝨，於洋香瓜栽培期選擇噴施百利普芬防治粉蝨卵，施用阿巴汀或因滅汀防治粉蝨成蟲，可提高防治效率。

結論與未來展望

銀葉粉蝨與其傳播的病毒之所以在台灣田間猖獗發生，造成農作物重大的損失，除了台灣地理環境及氣候條件極適合粉蝨發生，國際間的貿易活動、植物的移轉往往增加了新病害傳入我國的機會。開發病毒與帶毒粉蝨的檢測與監測分生技術，可以提供在植物檢疫上迅速檢出新病毒杜絕其進入台灣，傳播感染農作物造成重大的損失。田間進行帶毒粉蝨的監測可以掌握植物病毒發生種類及可能的病勢發展，以便及時做好防治工作。歸納造成黃捲葉病毒流行的因素包括：盲目的使用農藥，導致粉蝨產生抗藥性；終年密集栽培粉蝨喜好的作物，而農民面對

銀葉粉蝨的危害，如果過度依賴單一藥劑的防治，往往爲了加強達到防治的目的，因此提高施藥次數或藥劑濃度，卻可能造成加速抗藥性產生的後遺症，如何改善農友用藥習慣有賴各單位人員加強輔導。開發完善的害蟲整合管理技術供農友使用解決問題，爲未來研究重要課題之一。

引用文獻

白桂芳、陳慶忠。1998。銀葉粉蝨在三種寄主植物上之生物特性。臺中區農業改良場研究彙報 58: 33-41。

林鳳琪。2007。銀葉粉蝨傳播之植物病毒病害及其防治策略。植物蟲媒病害與防治研討會專刊 247-256 頁。

林鳳琪、張淑貞、王清玲。2007[a]。銀葉粉蝨傳播番茄黃化捲葉病毒之偵測。植保會刊 49: 355。

林鳳琪、張淑貞、王清玲。2007[b]。番茄黃化捲葉病毒綜合防治可行性之評估。植保會刊 49: 364。

林鳳琪、賴信順、陳秋男。2007[c]。洋香瓜上銀葉粉蝨之發育臨界溫度估算。台灣昆蟲 27: 377-378。

柯俊成、陳秋男、王重雄。2002。煙草粉蝨種群 (*Bemisia tabaci* species complex) 分類學綜述。台灣昆蟲 22: 307-341。

彭瑞菊、陳昇寬。2006。番茄黃化捲葉病毒田間監測及銀葉粉蝨傳毒試驗。台南區農業改良場研究彙報 48: 9-15。

彭瑞菊、鄭安秀。2003。台南區番茄病毒病的種類及分佈。台南區農業專訊 44: 15-18。

彭瑞菊、陳昇寬、鄭安秀。2009。洋香瓜病毒病害及其防治方法。農業世界 315: 51-64。

廖吉彥、鄧汀欽、林鳳琪、黃莉欣、彭瑞菊、陳宗祺、賴儀瑾、陳信宏、宋明彥、胡仲祺。2010。台灣中南部瓜類作物與粉蝨中雙生病毒之監測與其基因體變異性分析。農業試驗所特刊 149: 205-226。

鄧汀欽、鄭櫻慧、廖吉彥。2009。感染洋香瓜的病毒種類與病害流行趨勢。技術服務季刊 78: 9-11。

Barinaga, M. 1993. Is devastating whitefly invader really a new species? Science 259: 30.

Bellows, T. S., T. M. Perring, Jr., R. J.Gill, and D. H. Headrick. 1994. Description of a species of *Bemisia* (Homoptera: Aleyrodidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 87: 195-206.

Byrne, D. N., and W. B. Miller. 1990. Carbohydrate and amino acid composition of phloem sap and honeydew produced by *Bemisia tabaci.* J. Insect Physiol. 36: 433-439.

Caciagli, P., and D. Bosco. 1997. Quantitation over time of tomato yellow leaf curl geminivirus DNA in its whitefly vector. Phytopathology 87: 610-613.

Campbell, B. C., J. E. Duffus, P. Baumann, A. C. Bartlett, and N. J.Gawel. 1993.

Determining whitefly species. Science 261: 1333.
Chang, L. S., Y. S. Lee, H. J. Su, and T. H. Hung. 2003. First Report of *Papaya leaf curl virus* Infecting Papaya Plants in Taiwan. Plant Dis. 87: 204.
Cohen, S., J. E. Duffus, R. C. Larsen, H. Y. Liu, and R. A. Flock. 1983. Purification, serology, and vector relationships of *Squash leaf curl virus*, a whitefly-transmitted geminivirus. Phytopathology 73: 1669-1673.
De Barro, P. J., and P. J. Hart. 2000. Mating interactions between two biotypes of the whitefly, *Bemisia tabaci* in Australia. Bull. Entomol. Res. 90: 103-112.
Frohlich, D. R., I. Torres-Jerez, I. D. Bedford, P. G. Markham, and J. K. Brown. 1999. A phylogeographical analysis of the *Bemisia tabaci* species complex based on mitochondrial DNA markers. Mol. Ecol. 8: 1683-1691.
Ghanim, M., S. Morin, and H. Czosnek. 2001. Rate of Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV) Translocation in the circulative transmission pathway of its vector, the whitefly *Bemisia tabac*i. Phytopathology 91: 188-196.
Green, S. K., W. S. Tsai, S. L. Shih, Y. C. Huang, and L. M. Lee. 2005. Diversity of geminiviruses of tomato and weed in Asia. Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy. p 19-66.
Hunter, W. B., E. Hilebert, S. E. Webb, J. E. Polston, and J. H. Tsai. 1996. Precibarial and cibarial chemosensilla in the whitefly, *Bemisia tabaci* Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae). Int. J. Insect Morphol. Embryol. 25: 295-304.
Hunter, W. B., E. Hilebert, S. E. Webb, J. H. Tsai, and J. E. Polston. 1998. Location of Geminiviruses in the whitefly *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Plant Dis. 82: 1147-1151.
Jiang, Y. X., C. de Blas, L. Barrios, and A. Fereres. 2000. Correlation between Whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) feeding behavior and transmission of tomato yellow leaf virus. Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 573-579.
Jiu, M., X. P. Zhou, and S. S. Liu. 2006. Acquisition and transmission of two Begomoviruses by the B and a non-B biotype of *Bemisia tabaci* from Zhejiang, China. Phytopathology 154: 587-591.
Jones, D. R. 2003. Plant viruses transmitted by whiteflies. Eur. J. Plant pathol. 109: 195-219.
Ko, C. C., S. C. Chang, and C. C. Hu. 2005. Survey of the whitefly status and their transmission of plant viruses in Taiwan. Proceedings of the International Seminar on Whitefly Management and Control Strategy. p 109-131.
Lemonick, M. D. 1991. Invasion of the superbug. Time Nov. 25: 84.
Liao, J. Y., C. C. Hu, T. K. Lin, C. A. Chang, and T. C. Deng. 2007. Identification of Squash leaf curl Philippines virus on Benincasa hispida in Taiwan. Plant Pathol. Bull. 16: 11-18.
Martin, J. H. 1999. The whitefly fauna of Australia (Sternorrhyncha: Aleyrodidae): A taxonomic account and identification guide. CSIRO Entomol. Tech. Paper No 38. 197 pp.
Nava-Camberos, U., D. G. Riley, and M. K. Harris. 2001. Temperature and host plant effects on development, survival, and fecundity of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). Environ. Entomol. 30: 55-63.

Perring, T. M. 2001. The *Bemisia tabaci s*pecies complex. Crop Prot. 20: 725-737.

Perring, T. M., A. D. Cooper, R. J. Rodriguez, C. A. Farrar, and T. S. Bellows, Jr. 1993. Identification of a whitefly species by genomic and behavioral studies. Science 259: 74-77.

Powell, D. A., and T. S. J. Bellows. 1992. Preimaginal development and survival of *Bemisia tabaci* on cotton and cucumber. Environ. Entomol. 21: 359-363

Rosell, R. C., I. D. Bedford, D. R. Frohlich, R. J. Gill, J. K. Brown, and P. G. Markham. 1997. Analysis of morphological variation in distinct populations of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 90: 575-589.

Rubinstein, G., and H. Czosnek. 1997. Long-term association of tomato yellow leaf curl virus (TYLCV) with its whitefly vector *Bemisia tabaci*: effect on the insect transmission capacity, longevity and fecundity. J. Gen. Virol. 78: 2683-2689.

Summers, C. G., A. S. Newton, Jr., and D. Estrada. 1996. Intraplant and interplant movement of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) crawlers. Environ. Entomol. 25: 1360-1364.

Tsai, J. H., and K. Wang. 1996. Development and reproduction of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on five host plants. Environ. Entomol. 25: 810-816.

Wang, K., and J. H. Tsai. 1996. Temperature effect on development and reproduction of silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 89: 375-384.

Silverleaf whitefly vector for geminiviruses on vegetables and their control

Feng-Chyi Lin[1,4] Shu-Chen Chang[1] Ying-Huey Cheng[2]
Chin-Ling Wang[1] and Chung-Chi Hu[3]

[1] Applied Zoology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
[2] Plant Pathology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.
[3] Graduate Institute of Biotechnology, National Chung-Hsing University, Taichung, Taiwan, ROC.
[4] Corresponding author, e-mail: fclin@tari.gov.tw

Abstract

The silverleaf whitefly (*Bemisia argentifolii* Bellow & Perring), the B-type of *Bemisia tabaci* complex, is the most superior whitefly species in Taiwan. There are more than 111 *Begomovirus* (Family Geminiviridae) species transmitted by silverleaf whitefly globally. Among them seven begomoviruses reportedly existed in Taiwan, especially *Tomato yellow leaf curl virus* (TYLCV) and *squash* l*eaf curl virus* (SLCV) that seriously cause yield loss on tomato and cantaloupe. It is inefficient to control silverleaf whitefly with insecticides in the flied since their toxicity to its eggs and larvae are low. Tomato plants-infected by Geminiviruses during the seeding stage were unable to grow, bloom and set fruits normally. Therefore, an effective and suitable control tactic applied during the early planting period is imperative in order to reduce the population density of silverleaf whitefly and hence the reduction of Geminiviruses-infected tomato plants in net houses. This article describes the taxonomy, ecological habitats, virus transmission mechanism of silverleaf whitefly as well as the detection of silverleaf whitefly that carries the viruses and the effective control strategies for silverleaf whitefly.

Key words: *Bemisia argentifolii*, Geminiviridae, *Tomato yellow leaf curl virus*, *Squash* l*eaf curl virus*, control.